(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2019 年 11 月 14 日 (14.11.2019)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2019/213982 A1

(51) 国际专利分类号:
B60W 40/09 (2012.01) *B60W 50/00* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/086640

(22) 国际申请日: 2018 年 5 月 14 日 (14.05.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201810432926.6 2018年5月8日 (08.05.2018) CN

(71) 申请人: 清 华 大 学 (TSINGHUA UNIVERSITY) [CN/CN]; 中 国 北 京 市 海 淀 区 清 华 园, Beijing 100084 (CN)。

(72) 发明人: 王建强 (WANG, Jianqiang); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 郑讯佳 (ZHENG, Xunjia); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 黄荷叶 (HUANG, Heye); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 李克强 (LI, Keqiang); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 许庆 (XU, Qing); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 李升波 (LI, Shengbo); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。

(74) 代理人: 北京汇智胜知识产权代理事务所 (普通合伙) (BEIJING IPWIN IP AGENCY (PARTNERSHIP)); 中国北京市海淀区知春路 113 号银网中心 B 座 11 层 1109 室, Beijing 100086 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(54) **Title:** DRIVER CONTROL BEHAVIOR QUANTIFICATION METHOD AND DEVICE EMPLOYING PRINCIPLE OF LEAST ACTION

(54) 发明名称: 基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化方法及装置

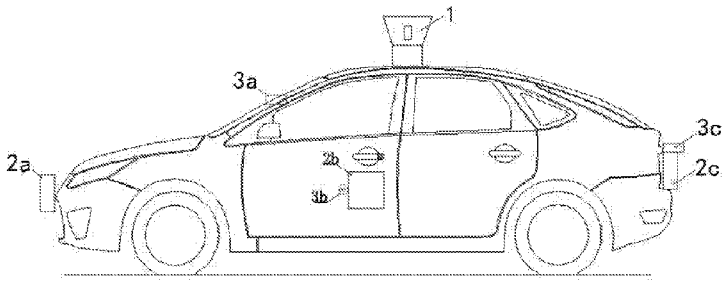


图 1

(57) **Abstract:** Disclosed are a driver control behavior quantification method and device employing the principle of least action. The driver control behavior quantification method comprises: S1, pre-configuring, in an electronic control unit of a vehicle, a driver control mechanism quantification description module, wherein the driver control mechanism quantification description module comprises an action amount S_{Risk} reflecting both a traffic risk and traffic efficiency of driving control behavior of a driver; S2, using an information acquisition device on the vehicle to acquire time-synchronized vehicle information and traffic environment information; and S3, using, according to the time-synchronized vehicle information and traffic environment information, the S_{Risk} in the driver control mechanism quantification description module to acquire a current advised driving speed so as to cause the value of the action amount S_{Risk} to be minimized. The present invention uses the principle of least action to describe a trade-off between risk and efficiency in a process of a driver driving a vehicle, and quantitatively describes a driving feature of maximizing the strengths and minimizing the weaknesses of any driver in a driving process.

WO 2019/213982 A1

[见续页]

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：本发明公开了一种基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化方法及装置，驾驶人操控行为量化方法包括：S1，在自车的电子控制单元中预先设置驾驶人操控机制定量描述模块，所述驾驶人操控机制定量描述模块包括同时反映驾驶人的驾驶操控行为的交通风险和通行效率的作用量S_{Risk}；S2，通过自车上的信息采集装置，获取与时间同步的自车和交通环境信息；S3，根据所述与时间同步的自车和交通环境信息，通过驾驶人操控机制定量描述模块中的S_{Risk}，获取当前行车指导速度，使所述作用量S_{Risk}的值最小，本发明利用最小作用量原理描述驾驶人驾驶车辆过程中关于风险和效率的权衡，能够定量描述任意驾驶人驾驶过程中趋利避害的驾驶特性。

基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化方法及装置

技术领域

本发明涉及智能车应用技术领域，特别是一种基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化方法及装置。

背景技术

道路交通安全与人-车-环境闭环系统有关，在构成交通事故的人、车、环境这三种要素中，通常人这一因素的占比最大，即绝大多数的交通事故都由人为因素造成，因此，驾驶人对车辆的操控行为成为了确保交通安全的关键因素。目前，对于快速发展的智能交通、智能驾驶技术和智能汽车而言，汽车智能化系统的安全性能和驾驶人接受度是制约汽车智能化的重要因素，其中的驾驶人接受度指的就是汽车智能化系统需要符合驾驶人的驾驶操控行为。

现有技术通常可以利用统计学分析方法来研究驾驶人的驾驶操控行为，该研究结果有利于优化汽车智能化系统协调其安全性能和驾驶人接受度。现有的统计学分析方法比如利用概率统计、模糊数学、粗糙集理论等研究方法或者基于实车实验数据统计分析的驾驶人行为特性描述方法。但是，由于驾驶人的驾驶操控行为本身具有个体差异、年龄段差异、性别差异和地域差异等多种差异影响，因此采用现有的研究方法往往需要大量的数据样本，这给研究带了极大的困难。

除了上述提到的不同驾驶人的驾驶操控行为存在的差异之外，目前汽车智能系统还受道路环境复杂性、驾驶行为差异性、行驶工况多变性等难度所限，在实际应用中仍存在误警率高、可接受性差等问题。

因此，为了提高汽车智能系统对驾驶人个体行为波动和差异的适应性，需要对驾驶人的驾驶操控机制进行深入研究。因此，有必要专门针对驾驶人舱驾驶操控机制的定量描述方法进行新的设计。

发明内容

本发明的目的在于提供一种基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化

方法及装置，该方法能够根据驾驶人所在的车辆和交通环境中信息的采集，利用最小作用量原理，描述驾驶人在驾驶过程中趋利避害的驾驶操控机制。

为实现上述目的，本发明提供一种基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化方法及装置，所述基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化方法及装置包括如下步骤：

S1，在自车的电子控制单元中预先设置驾驶人操控机制定量描述模块，所述驾驶人操控机制定量描述模块包括同时反映驾驶人的驾驶操控行为的交通风险和通行效率的作用量S_{Risk}， S_{Risk}的数学表达式为（1）式：

$$S_{Risk} = \int_{t_1}^{t_2} L\,dt$$

其中，S_{Risk}代表自车在所述预设交通过程中的作用量，t_1为所述预设交通过程的起始时刻，t_2为所述预设交通过程的终止时刻，L代表自车在预设交通过程中的拉格朗日量，L的表达式为：

$$L = T - V$$

其中，T表示自车的动能，V表示自车受到的势能，该势能由预先设定的沿着车流方向存在的恒定力场和阻力场确定；

S2，通过自车上的信息采集装置，获取与时间同步的自车和交通环境信息；以及

S3，根据所述与时间同步的自车和交通环境信息，通过驾驶人操控机制定量描述模块中的S_{Risk}，获取当前行车指导速度，使所述作用量S_{Risk}的值最小。

进一步地，所述作用量S_{Risk}的获得方法包括：

S11，通过在试验车上安装交通环境信息采集装置，建立车辆平台；

S12，通过不同驾驶人驾驶所述车辆平台在不同环境中进行自由行驶试验，采集与时间同步的自车和环境相关的试验数据；

S13，根据所述试验数据，获得任意交通环境下的所述作用量S_{Risk}的数学表达式。

进一步地，S13 中的“交通环境”为单个车辆行驶在平直道路上，预先设定：沿着车流方向存在恒定力场以及存在由于滚动阻力、爬坡阻力、加速阻力和空气阻力造成的阻力场，则所述拉格朗日量L表示为：

$$L = T - V = \frac{1}{2} m_i \dot{x}_i^2 - \int_{t_1}^{t_2} (R_i - G_i)\, dx_i$$

$$R_i = m_i g f + m_i g i_\alpha + \frac{C_{Di} A_i}{21.15} \dot{x}_i^2 + \lambda_i m_i \ddot{x}_i$$

$$G_i = m_i g$$

式中，m_i为车辆的质量；x_i为车辆的纵向位移；$\dot{x}_i$为车辆的纵向速度；$\ddot{x}_i$为车辆的纵向加速度；g为重力加速度；f为滚动阻力系数；i_α为坡度；C_{Di}为车辆的风阻系数；A_i为车辆的迎风面积；λ_i为车辆旋转质量换算系数。

进一步地，S13 中的“交通环境”为单个车辆行驶在有车道线a或道路边界的平直道路上，预先设定：沿着车流方向存在恒定力场以及存在由于滚动阻力、爬坡阻力、加速阻力和空气阻力造成的阻力场，则所述拉格朗日量L表示为：

$$L = T - V = \frac{1}{2} m_i \dot{x}_i^2 - \int_{t_1}^{t_2} (R_i - G_i)\, dx_i + \frac{1}{2} m_i \dot{y}_i^2 - \sum_{a=1}^{n} \int_{t_1}^{t_2} F_{ai} \dot{y}_i\, dt$$

$$R_i = m_i g f + m_i g i_\alpha + \frac{C_{Di} A_i}{21.15} \dot{x}_i^2 + \lambda_i m_i \ddot{x}_i$$

$$G_i = m_i g$$

$$F_{ai} = E_{ai} \cdot M_i \cdot R_i \cdot (1 + Dr_i)$$

$$E_{ai} = E_{ai}\left(L_{T,a}, R_a, D, r_{ai}\right) = L_{T,a} \cdot R_a \cdot \left(\frac{D}{2} - |r_{ai}|\right)^k \cdot \frac{r_{ai}}{|r_{ai}|}$$

式中，m_i为车辆的质量；x_i为车辆的纵向位移；$\dot{x}_i$为车辆的纵向速度；$\ddot{x}_i$为车辆的纵向加速度；y_i为车辆的横向位移；$\dot{y}_i$表示y_i的一阶导数，为车辆的横向速度；g为重力加速度；f为滚动阻力系数；i_α为坡度；C_{Di}为车辆的风阻系数；A_i为车辆的迎风面积；λ_i为车辆旋转质量换算系数；E_{ai}为位于(x_a, y_a)处的车道线a或道路边界形成的势能场在(x_i, y_i)处的矢量场强；$L_{T,a}$表示车道线a或道路边界的类型；R_a表示车道线a或道路边界处的道路影响因子；D表示车道宽度；$|r_{ai}|$表示为从车道线a或道路边界指向车辆的质心(x_i, y_i)的距离矢量；k是调节系数；M_i表示车辆的等效质量；R_i表示自车处的道路影响因子；Dr_i表示驾驶人影响因子。

进一步地，S13 中的“交通环境”为跟车模式下的单个车辆行驶在平直道路上，假设沿着车流方向存在一种类似重力的恒定力场G以及存在由于滚动阻力、爬坡阻力、加速阻力、空气阻力造成的阻力场，则所述拉格朗日量L表示为：

$$L = \frac{1}{2}m_i(\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2) - \int_{t_1}^{t_2}(R_i - G_i)\dot{x}_i\,dt - \sum_{a=1}^{b}\int_{t_1}^{t_2}F_{ai}\dot{y}_i\,dt - \sum_{i=1}^{n}V_{ji}$$

$$R_i = m_i g f + m_i g i_\alpha + \frac{C_{Di}A_i}{21.15}\dot{x}_i^2 + \lambda_i m_i \ddot{x}_i$$

$$G_i = m_i g$$

$$F_{ai} = E_{ai}\cdot M_i \cdot R_i \cdot (1 + Dr_i)$$

$$E_{ai} = E_{ai}\left(L_{T,a}, R_a, D, r_{ai}\right) = L_{T,a}\cdot R_a \cdot \left(\frac{D}{2} - |r_{ai}|\right)^k \cdot \frac{r_{ai}}{|r_{ai}|}$$

式中，m_i为车辆的质量；x_i为车辆的纵向位移；$\dot{x}_i$为车辆的纵向速度；$\ddot{x}_i$为车辆的纵向加速度；y_i为车辆的横向位移；$\dot{y}_i$为车辆的横向速度；g为重力加速度；f为滚动阻力系数；i_α为坡度；C_{Di}为车辆的风阻系数；A_i为车辆的迎风面积；λ_i为车辆旋转质量换算系数；E_{ai}为位于(x_a, y_a)处的车道线a或道路边界形成的势能场在(x_i, y_i)处的矢量场强；$L_{T,a}$表示车道线a或道路边界的类型；R_a表示车道线a或道路边界处的道路影响因子；D表示车道宽度；$|r_{ai}|$表示为从车道线a或道路边界指向车辆的质心(x_i, y_i)的距离矢量；k是调节系数；M_i表示车辆的等效质量；R_i表示自车处的道路影响因子；Dr_i表示驾驶人影响因子；V_{ji}表示物体 j 对第i辆车产生的势能；a表示车道线a；b表示一共有b条车道线；n表示有n个道路使用者；k就是一个调节系数。

本发明还提供一种基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化方法及装置，所述驾驶人操控行为量化装置包括：

信息采集装置，所述信息采集装置设在自车上，用于获取与时间同步的自车和交通环境信息；和

电子控制单元，所述电子控制单元中预先设置驾驶人操控机制定量描述模块，所述驾驶人操控机制定量描述模块包括同时反映驾驶人的驾驶操控行为的交通风险和通行效率的作用量S_{Risk}，S_{Risk}的数学表达式为（1）式：

$$S_{Risk} = \int_{t_1}^{t_2} L\,dt \qquad (2)$$

其中，S_{Risk}代表自车在所述预设交通过程中的作用量，t_1为所述预设交通过程的起始时刻，t_2为所述预设交通过程的终止时刻，L代表自车在预设交通过程中的拉格朗日量，L的表达式为：

$$L = T - V$$

其中，T表示自车的动能，V表示自车受到的势能，该势能由预先设定的沿着车流方向存在的恒定力场和阻力场确定；

所述电子控制单元用于根据所述与时间同步的自车和交通环境信息，通过S_{Risk}获取当前行车指导速度，使作用量S_{Risk}的值最小。

本发明还提供一种智能车，其特征在于：包括如上所述的驾驶人操控行为量化装置。

本发明的有益效果：本发明的基于最小作用量原理的驾驶人的驾驶操控机制定量描述方法及其装置，采用 64 线激光雷达、毫米波雷达、视觉传感器组成的多传感器感知系统，搭建智能车辆平台，可识别周围运动物体、静止物体的位置信息和状态信息，通过采集大量的数据，建立数据库，通过分析车辆行驶过程中的动态交通系统特征，辨识从驾驶人的驾驶操控机制，并对驾驶人的驾驶操控机制进行定量描述，可以进一步的对驾驶人的驾驶行为进行定量分析。

附图说明

图 1 是本发明中的车辆平台的侧视图；

图 2 是图 1 所示车辆平台的俯视图；

图 3 为本发明提供的单个自由行驶车辆的交通系统的简要示意图；

图 4 为本发明提供的车道线对车辆的约束势能模型的说明示意图；

图 5 为本发明提供的跟车场景示意图。

具体实施方式

在附图中，使用相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面结合附图对本发明的实施例进行详细说明。

本实施例所提供的基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化方法主要

考虑的是外界环境所有因素影响的自车,基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化方法包括如下步骤：

S1，在自车的电子控制单元中预先设置驾驶人操控机制定量描述模块，所述驾驶人操控机制定量描述模块包括同时反映驾驶人的驾驶操控行为的交通风险和通行效率的作用量S_{Risk}， S_{Risk}的数学表达式为（1）式：

$$S_{Risk} = \int_{t_1}^{t_2} L\,dt$$

其中，S_{Risk}代表自车在所述预设交通过程中的作用量，即可表示为自车在预设交通过程中的拉格朗日量对时间的积分，t_1为所述预设交通过程的起始时刻，t_2为所述预设交通过程的终止时刻，L代表自车在预设交通过程中的拉格朗日量，L的表达式为：

$$L = T - V$$

其中，T表示自车的动能，V表示自车受到的势能，该势能由预先设定的沿着车流方向存在的恒定力场和阻力场确定。

S2，通过自车上的信息采集装置，获取与时间同步的自车和交通环境信息。通过 S2，信息采集装置能够检测和识别到自车所处的交通环境信息，该交通环境信息包括周围的障碍物（车辆、骑车人、行人、栅栏、锥形筒）和交通信息（红绿灯、限速标志、车道线）。自车信息包括自车 CAN 数据，具体为：发动机转速、方向盘转角、车速、档位、加减速度和 GPS 信息。

S3，根据所述与时间同步的自车和交通环境信息，通过驾驶人操控机制定量描述模块中的S_{Risk}，获取当前行车指导速度，使所述作用量S_{Risk}的值最小。

通过本实施例提供的方法，智能车在行驶的过程中，当信息采集装置检测到自车周边环境中的障碍物或交通信息后，所述驾驶人操控机制定量描述模块会计算预设交通过程中的作用量S_{Risk}代的大小，通过使所述作用量S_{Risk}的值最小，得到一个智能车行驶的当前速度最优值，该最优值作为当前行车指导速度。智能车若依得到当前行车指导速度进行速度控制，能够达到自身安全和通行效率高效的最优。

在一个实施例中，所述作用量S_{Risk}的获得方法包括：

S11，通过在试验车上安装交通环境信息采集装置，建立车辆平台；

S12，通过不同驾驶人驾驶所述车辆平台在不同环境中进行自由行驶试验，采集与时间同步的自车和环境相关的试验数据；

S13，根据所述试验数据，获得任意交通环境下的所述作用量S_{Risk}的数学表达式。

在S11中，在试验车上安装用于获得与时间同步的目标物位置信息和运动信息的雷达和视觉传感器。如图1和图2所示，S11具体包括：

S111，在试验车的顶端安装64线激光雷达1，64线激光雷达1用于获得的目标物纵横向坐标位置、种类的传感器原始数据。

S112，在试验车的前、后、左、右四个方向分别安装第一毫米波雷达2a、第二毫米波雷达2b、第三毫米波雷达2c、第四毫米波雷达2d以及第一视觉传感器3a、第二视觉传感器3b、第三视觉传感器3c、第四视觉传感器3d，通过各视觉传感器和毫米波雷达获取目标物的速度、加速度、纵横向位置信息。

S113，对S111和S112中的64线激光雷达1以及各毫米波雷达和视觉传感器在所述试验车上的位置进行标定。标定方法可以使用现有的标定方法实现。

需要说明的是，S11中各传感器采集到的数据均是传感器原始数据，在后续步骤中均需要将原始数据解析成目标数据后，再加以应用。原始数据：摄像头拍到的图片、视频；激光雷达扫描到的点云；毫米波雷达接收到的毫米波信号。目标数据：把上述三种传感器的原始数据融合之后，获得行人、骑车人、车辆等目标的速度、位置数据。“数据融合”的方法如下：

激光雷达采用特征提取和点云聚类方法检测目标，并得到准确的目标位置信息；视觉传感器对道路目标进行基于机器学习的目标检测，为激光雷达目标检测提供目标类别信息；毫米波雷达识别动态目标并提供准确的目标速度与位置信息。通过数据关联方法，匹配各传感器检测的相同目标信息；最终获得准确的目标物位置信息、运动信息即坐标和速度、加速度。

因此，本实施例采用64线激光雷达、毫米波雷达、视觉传感器组成的多传感器感知系统，搭建车辆平台，可识别周围运动物体、静止物体的位置信息和状态信息。

在一些实施例中，S12中的“驾驶人”的选取原则包括：

选取一定数量具有长期驾驶经验的，且未发生过重大交通事故的驾驶人。

“驾驶人”的数量尽可能地多，这样可以通过采集尽可能多组的试验数据，考虑更多驾驶人的驾驶习惯，从而后续步骤S3和S4得到的风险辨识曲线更加具有广泛性和代表性，有利于提高驾驶人对行车风险辨识的接受度。

S12中的“自车和环境相关的试验数据”包括自车的试验数据和环境的试

验数，其中，

自车的试验数据包括由雷达和视觉传感器采集到的与时间同步的目标物位置信息和运动信息以及自车 CAN 数据。自车 CAN 数据包括：发动机转速、方向盘转角、车速、档位、加减速度和 GPS 信息。各所述雷达和视觉传感器采集的数据进行数据融合，获得准确的目标物位置信息、运动信息即坐标和速度、加速度。传感器获得的信息主要是除了自车之外环境中的其他道路使用者、障碍物的速度、与自车的相对位置。

S12 中的“不同环境”包括：

环境类型，一级类型为：校园、园区、城市、高速；二级类型为：上坡、下坡、桥上、桥下、隧道、直道、弯道；

交通参与者，一级类型为：机动车、非机动车、固定物体；二级类型中，机动车包括：轿车、公交车、小型货车、卡车、中型客车、摩托车、其它机动车；非机动车包括：行人、骑车人、两轮车、其它非机动车；固定物体包括：锥形桶、栅栏等；

交通标志，一级类型为：交通标志牌、红绿灯、车道线；二级类型中，交通标志牌包括：限速、限高、限重、指示类、警告类、禁止类、其它标志牌；红路灯包括：圆形、箭头、行人图案、两轮车图案；

道路标志，一级类型包括车道线和路面标示；二级类型中，车道线包括：单实线、双实线和虚线；路面标示包括：直行箭头、右转箭头、左转箭头和其它路面标示；

天气条件：晴、阴、雨、雪。

即，环境的试验数据对应上述“不同环境”中列出来的各种信息。

S12 中的与时间同步的“自车和环境相关的试验数据”通过数据库的方式进行存储。

下面针对不同的“交通环境”，对所述作用量S_{Risk}的数学表达式进行说明。

一、S13 中的“交通环境”为单个车辆行驶在平直道路上，如图 3 所示，预先设定：沿着车流方向存在类似重力的恒定力场以及存在由于滚动阻力、爬坡阻力、加速阻力和空气阻力造成的阻力场，则所述拉格朗日量L表示为：

$$L = T - V = \frac{1}{2} m_i \dot{x}_i^2 - \int_{t_1}^{t_2} (R_i - G_i)\, dx_i$$

$$R_i = m_i g f + m_i g i_\alpha + \frac{C_{Di} A_i}{21.15} \dot{x}_i^2 + \lambda_i m_i \ddot{x}_i$$

$$G_i = m_i g$$

式中，T包括自车的纵向动能$\frac{1}{2} m_i \dot{x}_i^2$，$V$包括阻力场$R_i$和恒定力场$G_i$；

m_i为车辆的质量；x_i为车辆的纵向位移；$\dot{x}_i$表示x_i的一阶导数，为车辆的纵向速度；$\ddot{x}_i$表示x_i的二阶导数，为车辆的纵向加速度；g为重力加速度；f为滚动阻力系数；i_α为坡度；C_{Di}为车辆的风阻系数；A_i为车辆的迎风面积；λ_i为车辆旋转质量换算系数，λ_i根据汽车理论的相关内容，一般可取 1.05。

二、S13 中的“交通环境”为单个车辆行驶在有车道线a或道路边界的平直道路上，如图 4 所示, 预先设定：沿着车流方向存在恒定力场以及存在由于滚动阻力、爬坡阻力、加速阻力和空气阻力造成的阻力场。

当考虑车道线a或道路边界的影响时，按照行车安全场理论，对于位于(x_a, y_a)处的车道线a或道路边界形成的势能场在(x_i, y_i)处的矢量场强E_{ai}可以写为：

$$E_{ai} = E_{ai}\left(L_{T,a}, R_a, D, r_{ai}\right) = L_{T,a} \cdot R_a \cdot \left(\frac{D}{2} - |r_{ai}|\right)^k \cdot \frac{r_{ai}}{|r_{ai}|}$$

因此, 越靠近车道线a或道路边界，车辆所受的约束势能增大。因此，由车道线a或道路边界产生的行车安全场场力可以描述为：

$$F_{ai} = E_{ai} \cdot M_i \cdot R_i \cdot (1 + DR_i)$$

因此考虑车道线的单个自由行驶车辆交通系统的拉格朗日量L表示为：

$$L = T - V = \frac{1}{2} m_i \dot{x}_i^2 - \int_{t_1}^{t_2} (R_i - G_i)\, dx_i + \frac{1}{2} m_i \dot{y}_i^2 - \sum_{a=1}^{n} \int_{t_1}^{t_2} F_{ai} \dot{y}_i\, dt$$

$$R_i = m_i g f + m_i g i_\alpha + \frac{C_{Di} A_i}{21.15} \dot{x}_i^2 + \lambda_i m_i \ddot{x}_i$$

$$G_i = m_i g$$

式中，T包括自车的纵向动能$\frac{1}{2} m_i \dot{x}_i^2$和横向动能$\frac{1}{2} m_i \dot{y}_i^2$；$V$包括阻力场$R_i$、恒定力场$G_i$和位于$(x_a, y_a)$处的车道线$a$或道路边界形成的势能场在$(x_i, y_i)$处的矢量场强$E_{ai}$；

m_i为车辆的质量；x_i为车辆的纵向位移；$\dot{x}_i$为车辆的纵向速度；$\ddot{x}_i$为车辆

的纵向加速度；y_i为车辆的横向位移；$\dot{y}_i$表示y_i的一阶导数，为车辆的横向速度；g为重力加速度；f为滚动阻力系数；i_α为坡度；C_{Di}为车辆的风阻系数；A_i为车辆的迎风面积；λ_i为车辆旋转质量换算系数；$L_{T,a}$表示车道线a或道路边界的类型，其大小由交通法规确定（例如，白实线比白虚线对应的值更大）；R_a表示车道线a或道路边界处的道路影响因子；D表示车道宽度；$|r_{ai}|$表示为从车道线a或道路边界指向车辆的质心(x_i, y_i)的距离矢量，$\boldsymbol{r}_{ai} = (x_i - x_a, y_i - y_a)$是从车道线$a$或道路边界指向图 4 中白色矩形框表示的车辆的质心(x_i, y_i)的距离矢量，$|\boldsymbol{r}_{ai}|$的范围为$[0, D/2]$；k是调节系数；M_i表示车辆的等效质量；R_i表示自车处的道路影响因子；Dr_i表示驾驶人影响因子。

三、S13 中的“交通环境”为跟车模式下的单个车辆行驶在平直道路上，如图 5 所示，假设沿着车流方向存在一种类似重力的恒定力场G以及存在由于滚动阻力、爬坡阻力、加速阻力、空气阻力造成的阻力场。

根据行车安全场理论，运动物体所产生的场强大小为：

$$\begin{aligned} E_{ij} &= E_{ij}(R_i, M_i, r_{ij}, v_i) \\ &= \frac{K \cdot R_i \cdot M_i \cdot k_3}{(k_3 - |v_i|\cos\theta_i) \cdot |r_{ij}|^{k_1}} \cdot \frac{-\operatorname{grad} E_{ij}}{|\operatorname{grad} E_{ij}|} \end{aligned}$$

其中，梯度$\operatorname{grad} E_{ij}$为：

$$\begin{aligned} \operatorname{grad} E_{ij} = -\frac{K R_i M_i}{(k_3 - |v_i|\cos\theta_i)^2 \cdot |r_{ij}|^{k+1}} \\ \cdot \{[k_3 \cos(\varphi_i + \theta_i) \cdot (k_3 - |v_i|\cos\theta_i) \\ - \sin(\varphi_i + \theta_i)\,|v_i|\sin(\theta_i)]\boldsymbol{i} \\ + [k_3 \sin(\varphi_i + \theta_i) \cdot (k_3 - |v_i|\cos\theta_i) \\ + \cos(\varphi_i + \theta_i)\,|v_i|\sin(\theta_i)]\boldsymbol{j}\} \end{aligned}$$

因此在跟车过程中，如图 5 所示，可以得到物体 j 对第i辆车产生的势能表达式如下，物体 j 是除了第i辆车以外的其他道路使用者或者障碍物；第i辆车可以是自车也可以是其它的车辆，即为当前研究的对象车辆：

$$V_{ij} = \int_{\infty}^{r_{ij}} F_{ij}\,dr = \int_{\infty}^{r_{ij}} E_{ij} \cdot M_j \cdot R_j \cdot (1 + DR_j)dr$$

$$= \int_{\infty}^{r_{ij}} \frac{K \cdot R_i \cdot R_j \cdot M_i \cdot M_j \cdot k_3 \cdot (1 + DR_j)}{(k_3 - |v_i|\cos\theta_i) \cdot |r_{ij}|^{k_1}} \cdot \frac{-\text{grad}\, E_{ij}}{|\text{grad}\, E_{ij}|} dr$$

$$= \frac{K \cdot R_i \cdot R_j \cdot M_i \cdot M_j \cdot k_3 \cdot (1 + DR_j)}{(k_3 - |v_i|\cos\theta_i) \cdot (1 - k_1) \cdot |r_{ij}|^{k_1 - 1}}$$

因此，所述拉格朗日量L表示为：

$$L = \frac{1}{2} m_i(\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2) - \int_{t_1}^{t_2}(R_i - G_i)\dot{x}_i\,dt - \sum_{a=1}^{b}\int_{t_1}^{t_2} F_{ai}\dot{y}_i\,dt - \sum_{i=1}^{n} V_{ji}$$

$$R_i = m_i g f + m_i g i_\alpha + \frac{C_{Di} A_i}{21.15}\dot{x}_i^2 + \lambda_i m_i \ddot{x}_i$$

$$F_{ai} = E_{ai} \cdot M_i \cdot R_i \cdot (1 + Dr_i)$$

$$G_i = m_i g$$

$$E_{ai} = E_{ai}(L_{T,a}, R_a, D, r_{ai}) = L_{T,a} \cdot R_a \cdot \left(\frac{D}{2} - |r_{ai}|\right)^k \cdot \frac{r_{ai}}{|r_{ai}|}$$

式中，T包括自车的纵向动能$\frac{1}{2}m_i\dot{x}_i^2$和横向动能$\frac{1}{2}m_i\dot{y}_i^2$；$V$包括阻力场$R_i$、恒定力场$G_i$、位于$(x_a, y_a)$处的车道线$a$或道路边界形成的势能场在$(x_i, y_i)$处的矢量场强$E_{ai}$和$V_{ji}$表示物体 j 对第$i$辆车产生的势能；

m_i为车辆的质量；x_i为车辆的纵向位移；$\dot{x}_i$为车辆的纵向速度；$\ddot{x}_i$为车辆的纵向加速度；y_i为车辆的横向位移；$\dot{y}_i$为车辆的横向速度；g为重力加速度；f为滚动阻力系数；i_α为坡度；C_{Di}为车辆的风阻系数；A_i为车辆的迎风面积；λ_i为车辆旋转质量换算系数；E_{ai}为位于(x_a, y_a)处的车道线a形成的势能场在(x_i, y_i)处的矢量场强；$L_{T,a}$表示车道线 a 或道路边界的类型，其大小由交通法规确定（例如，白实线比白虚线对应的值更大）；R_a表示车道线 a 或道路边界处的道路影响因子；D表示车道宽度；$|r_{ai}|$表示为从车道线a或道路边界指向车辆的质心(x_i, y_i)的距离矢量，$\boldsymbol{r}_{ai} = (x_i - x_a, y_i - y_a)$是从车道线$a$或道路边界指向图 4 中白色矩形框表示的车辆的质心(x_i, y_i)的距离矢量，$|\boldsymbol{r}_{ai}|$的范围为$[0, D/2]$；k是调节系数；M_i表示车辆的等效质量；R_i表示自车处的道路影响因子；Dr_i表示驾驶人影响因子；V_{ji}表示物体j对第i辆车产生的势能；a表示车道线a；b表示一共有b条车道线；n表示有n个道路使用者；k就是一个调节系数。

在一个实施例中,驾驶人驾驶车辆的过程中，始终追求的是趋利避害，即为在保证安全的同时尽可能提高效率,即驾驶人的驾驶操控行为用作用量的数学表达式可描述为系统作用量S_{Risk}取极值,使作用量S_{Risk}的值最小：

$$\delta S_{Risk} = \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial}{\partial \alpha} \left[\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2} m_i \dot{x}_i^2 - \sum_{i=1}^{n} \int_{t_1}^{t_2} (R_i - G_i)\, dx_i + \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2} m_i \dot{y}_i^2 - \sum_{i=1}^{n} \sum_{a=1}^{b} \int_{t_1}^{t_2} (F_{Di} + F_{ai}) dy_i - \sum_{i \neq j}^{n} V_{ij} \right] \Bigg|_{\alpha=0} dt = 0$$

也就是说，任意驾驶人在驾驶车辆时，其驾驶操控行为的可以用他所追求的速度来体现，该速度可以由求解上述δS_{Risk}获得。

比如：在图 3 的单车自由行驶场景中，系统的作用量可以描述为：

$$S_{Risk} = \int_{t_1}^{t_2} \left[\frac{1}{2} m_i v_i^2 - \int_{t_1}^{t_2} \left(-m_i g + m_i g f + m_i g i_\alpha + \frac{C_{Di} A_i}{21.15} v_i^2 + \lambda_i m_i \dot{v}_i \right) v_i \, dt \right] dt$$

为求S_{Risk}的极小值，根据前文所述，泛函S_{Risk}取极值时，一定会满足其变分为0，因此有：

$$\delta S_{Risk} = \int_{t_1}^{t_2} \left[m_i v_i - (-m_i g k + m_i g f + m_i g i_\alpha) t \Big|_{t_1}^{t_2} - \frac{C_{Di} A_i}{21.15} \int_{t_1}^{t_2} 3 v_i^2 \, dt - \lambda_i m_i \int_{t_1}^{t_2} \dot{v}_i \, dt + \lambda_i m_i v_i \Big|_{t_1}^{t_2} \right] \eta dt = 0$$

可得

$$v_i = C e^{\frac{2t}{\lambda_i (t_2 - t_1)}} + g(-k + f + i_\alpha)(t_2 - t_1) + \frac{C_{Di} A_i}{21.15 m_i} \left[v_i^3(t_2) - v_i^3(t_1) \right] - [v_i(t_2) - v_i(t_1)] \lambda_i$$

也就是说，利用上述方法，对于图 3 中示出的 S13 中的“交通环境”为单个车辆行驶在平直道路上时，当前行车指导速度为：

$$v_i = C e^{\frac{2t}{\lambda_i (t_2 - t_1)}} + g(-k + f + i_\alpha)(t_2 - t_1) + \frac{C_{Di} A_i}{21.15 m_i} \left[v_i^3(t_2) - v_i^3(t_1) \right] - [v_i(t_2) - v_i(t_1)] \lambda_i$$

需要说明的是，上述各个参数中，第i辆车即车辆平台本身，因此这里m_i为已知；$\dot{x}_i$、$\dot{y}_i$、$\ddot{x}_i$、x_i、y_i均为自车 CAN 数据。

f为滚动阻力系数、i_α为坡度、C_{Di}为车辆的风阻系数、A_i为车辆的迎风面积和λ_i为车辆旋转质量换算系数可以由技术手册或教科书上的内容获得。

$L_{T,a}$、D由摄像识别获取，r_{ai}由多传感器融合数据获取得到。

M_i表示车辆的等效质量可根据行车安全场理论获得；R_i、Dr_i可取经验值。

本发明还提供一种基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化装置，所述基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化装置包括：

信息采集装置，所述信息采集装置设在自车上，用于获取与时间同步的自车和交通环境信息；和

电子控制单元，所述电子控制单元中预先设置驾驶人操控机制定量描述模块，所述驾驶人操控机制定量描述模块包括同时反映驾驶人的驾驶操控行为的交通风险和通行效率的作用量S_{Risk}，S_{Risk}的数学表达式为（1）式：

$$S_{Risk} = \int_{t_1}^{t_2} L\,dt \qquad (3)$$

其中，S_{Risk}代表自车在所述预设交通过程中的作用量，t_1为所述预设交通过程的起始时刻，t_2为所述预设交通过程的终止时刻，L代表自车在预设交通过程中的拉格朗日量，L的表达式为：

$$L = T - V$$

其中，T表示自车的动能，V表示自车受到的势能，该势能由预先设定的沿着车流方向存在的恒定力场和阻力场确定；

所述电子控制单元用于根据所述与时间同步的自车和交通环境信息，通过S_{Risk}获取当前行车指导速度，使作用量S_{Risk}的值最小。

本发明还提供一种智能车，所述智能车包括如上述实施例中所述的基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化装置。

最后需要指出的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制。本领域的普通技术人员应当理解：可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

权 利 要 求 书

1. 一种基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化方法及装置，其特征在于，包括如下步骤：

S1，在自车的电子控制单元中预先设置驾驶人操控机制定量描述模块，所述驾驶人操控机制定量描述模块包括同时反映驾驶人的驾驶操控行为的交通风险和通行效率的作用量S_{Risk}， S_{Risk}的数学表达式为（1）式：

$$S_{Risk} = \int_{t_1}^{t_2} L\,dt$$

其中，S_{Risk}代表自车在所述预设交通过程中的作用量，t_1为所述预设交通过程的起始时刻，t_2为所述预设交通过程的终止时刻，L代表自车在预设交通过程中的拉格朗日量，L的表达式为：

$$L = T - V$$

其中，T表示自车的动能，V表示自车受到的势能，该势能由预先设定的沿着车流方向存在的恒定力场和阻力场确定；

S2，通过自车上的信息采集装置，获取与时间同步的自车和交通环境信息；以及

S3，根据所述与时间同步的自车和交通环境信息，通过驾驶人操控机制定量描述模块中的S_{Risk}，获取当前行车指导速度，使所述作用量S_{Risk}的值最小。

2. 如权利要求1所述的基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化方法及装置，其特征在于，所述作用量S_{Risk}的获得方法包括：

S11，通过在试验车上安装交通环境信息采集装置，建立车辆平台；

S12，通过不同驾驶人驾驶所述车辆平台在不同环境中进行自由行驶试验，采集与时间同步的自车和环境相关的试验数据；

S13，根据所述试验数据，获得任意交通环境下的所述作用量S_{Risk}的数学表达式。

3. 如权利要求2所述的基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化方法及装置，其特征在于，S13中的“交通环境”为单个车辆行驶在平直道路上，

预先设定：沿着车流方向存在恒定力场以及存在由于滚动阻力、坡道阻力、加速阻力和空气阻力造成的阻力场，则所述拉格朗日量L表示为：

$$L = T - V = \frac{1}{2} m_i \dot{x}_i^2 - \int_{t_1}^{t_2} (R_i - G_i)\, dx_i$$

$$R_i = m_i g f + m_i g i_\alpha + \frac{C_{Di} A_i}{21.15} \dot{x}_i^2 + \lambda_i m_i \ddot{x}_i$$

$$G_i = m_i g$$

式中，m_i为车辆 i 的质量；x_i为车辆 i 的纵向位移；$\dot{x}_i$为车辆 i 的纵向速度；$\ddot{x}_i$为车辆 i 的纵向加速度；g为重力加速度；f为滚动阻力系数；i_α为坡度；C_{Di}为车辆的风阻系数；A_i为车辆的迎风面积；λ_i为车辆旋转质量换算系数。

4. 如权利要求 2 所述的基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化方法及装置，其特征在于，S13 中的“交通环境”为单个车辆行驶在有车道线a或道路边界的平直道路预先设定：沿着车流方向存在恒定力场以及存在由于滚动阻力、坡道阻力、加速阻力和空气阻力造成的阻力场，则所述拉格朗日量L表示为：

$$L = T - V = \frac{1}{2} m_i \dot{x}_i^2 - \int_{t_1}^{t_2} (R_i - G_i)\, dx_i + \frac{1}{2} m_i \dot{y}_i^2 - \sum_{a=1}^{n} \int_{t_1}^{t_2} F_{ai} \dot{y}_i\, dt$$

$$R_i = m_i g f + m_i g i_\alpha + \frac{C_{Di} A_i}{21.15} \dot{x}_i^2 + \lambda_i m_i \ddot{x}_i$$

$$G_i = m_i g$$

$$F_{ai} = E_{ai} \cdot M_i \cdot R_i \cdot (1 + Dr_i)$$

$$E_{ai} = E_{ai}\left(L_{T,a}, R_a, D, r_{ai}\right) = L_{T,a} \cdot R_a \cdot \left(\frac{D}{2} - |r_{ai}|\right)^k \cdot \frac{r_{ai}}{|r_{ai}|}$$

式中，m_i为车辆i的质量；x_i为车辆i的纵向位移；$\dot{x}_i$为车辆i的纵向速度；$\ddot{x}_i$为车辆i的纵向加速度；y_i为车辆 i的横向位移；$\dot{y}_i$表示y_i的一阶导数，为车辆i的横向速度；g为重力加速度；f为滚动阻力系数；i_α为坡度；C_{Di}为车辆i的风阻系数；A_i为车辆i的迎风面积；λ_i为车辆i旋转质量换算系数；E_{ai}为位于(x_a, y_a)处的车道线a或道路边界形成的势能场在(x_i, y_i)处的矢量场强；$L_{T,a}$表示车道

线a或道路边界的类型；R_a表示车道线a或道路边界处的道路影响因子；D表示车道宽度；$|r_{ai}|$表示为从车道线a或道路边界指向车辆的质心(x_i, y_i)的距离矢量；k是调节系数；M_i表示车辆i的等效质量；R_i表示自车处的道路影响因子；Dr_i表示驾驶人影响因子。

5. 如权利要求2所述的基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化方法及装置，其特征在于，S13中的“交通环境”为跟车模式下的单个车辆行驶在平直道路上，假设沿着车流方向存在一种类似重力的恒定力场G以及存在由于滚动阻力、爬坡阻力、加速阻力、空气阻力造成的阻力场，则所述拉格朗日量L表示为：

$$L = \frac{1}{2}m_i(\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2) - \int_{t_1}^{t_2}(R_i - G_i)\dot{x}_i\,dt - \sum_{a=1}^{b}\int_{t_1}^{t_2}F_{ai}\dot{y}_i\,dt - \sum_{i=1}^{n}V_{ji}$$

$$R_i = m_i g f + m_i g i_\alpha + \frac{C_{Di}A_i}{21.15}\dot{x}_i^2 + \lambda_i m_i \ddot{x}_i$$

$$G_i = m_i g$$

$$F_{ai} = E_{ai}\cdot M_i \cdot R_i \cdot (1 + Dr_i)$$

$$E_{ai} = E_{ai}(L_{T,a}, R_a, D, r_{ai}) = L_{T,a}\cdot R_a \cdot \left(\frac{D}{2} - |r_{ai}|\right)^k \cdot \frac{r_{ai}}{|r_{ai}|}$$

式中，m_i为车辆i的质量；x_i为车辆i的纵向位移；$\dot{x}_i$为车辆i的纵向速度；$\ddot{x}_i$为车辆i的纵向加速度；y_i为车辆i的横向位移；$\dot{y}_i$为车辆i的横向速度；g为重力加速度；f为滚动阻力系数；i_α为坡度；C_{Di}为车辆i的风阻系数；A_i为车辆i的迎风面积；λ_i为车辆i旋转质量换算系数；E_{ai}为位于(x_a, y_a)处的车道线a或道路边界形成的势能场在(x_i, y_i)处的矢量场强；$L_{T,a}$表示车道线a或道路边界的类型；R_a表示车道线a或道路边界处的道路影响因子；D表示车道宽度；$|r_{ai}|$表示为从车道线a或道路边界指向车辆i的质心(x_i, y_i)的距离矢量；k是调节系数；M_i表示车辆i的等效质量；R_i表示自车处的道路影响因子；Dr_i表示驾驶人影响因子；V_{ji}表示物体j对第i辆车产生的势能；a表示车道线a；b表示一共有b条车道线；n表示有n个道路使用者；k就是一个调节系数。

6. 一种基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化装置，其特征在于，

包括：

信息采集装置，所述信息采集装置设在自车上，用于获取与时间同步的自车和交通环境信息；和

电子控制单元，所述电子控制单元中预先设置驾驶人操控机制定量描述模块，所述驾驶人操控机制定量描述模块包括同时反映驾驶人的驾驶操控行为的交通风险和通行效率的作用量S_{Risk}， S_{Risk}的数学表达式为（1）式：

$$S_{Risk} = \int_{t_1}^{t_2} L\,dt \qquad (1)$$

其中，S_{Risk}代表自车在所述预设交通过程中的作用量，t_1为所述预设交通过程的起始时刻，t_2为所述预设交通过程的终止时刻，L代表自车在预设交通过程中的拉格朗日量，L的表达式为：

$$L = T - V$$

其中，T表示自车的动能，V表示自车受到的势能，该势能由预先设定的沿着车流方向存在的恒定力场和阻力场确定；

所述电子控制单元用于根据所述与时间同步的自车和交通环境信息，通过S_{Risk}获取当前行车指导速度，使作用量S_{Risk}的值最小。

7. 一种智能车，其特征在于：包括如权利要求 6 所述的基于最小作用量原理的驾驶人操控行为量化装置。

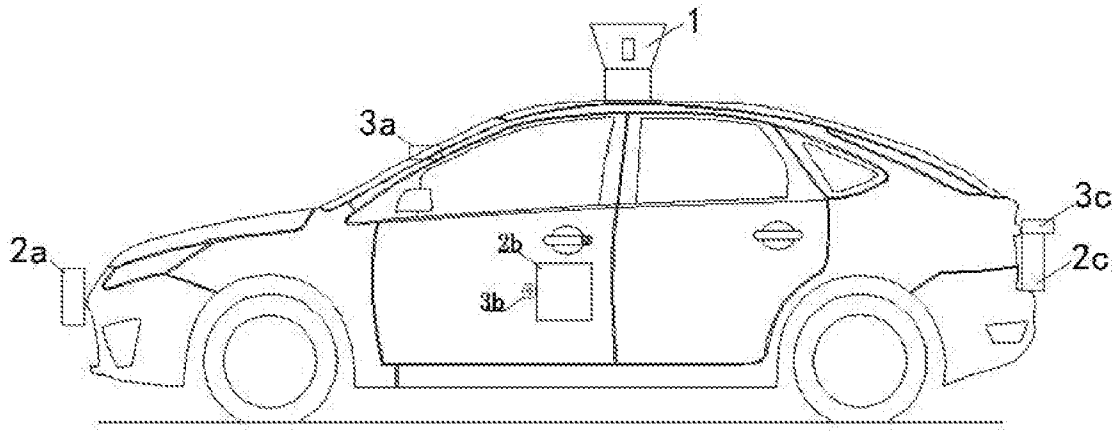


图 1

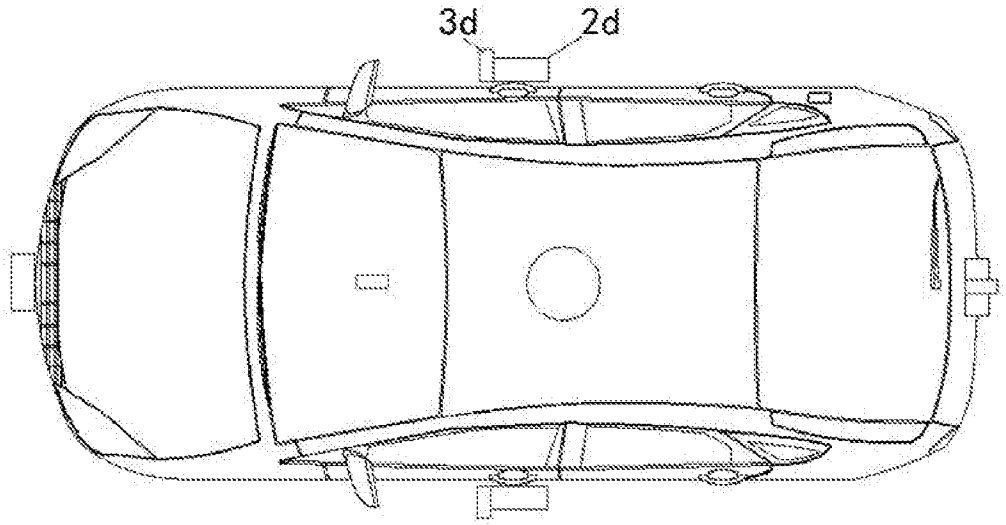


图 2

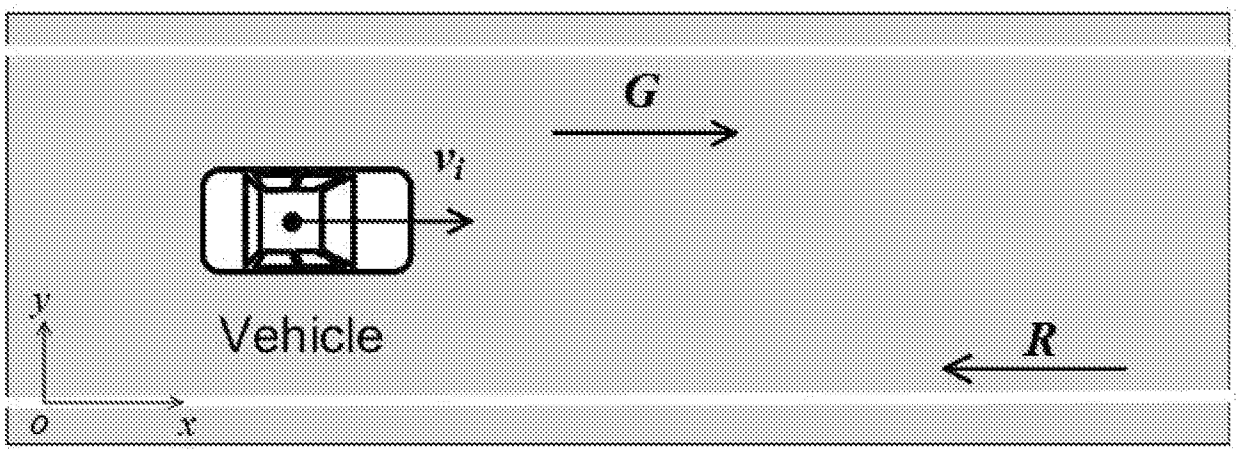


图 3

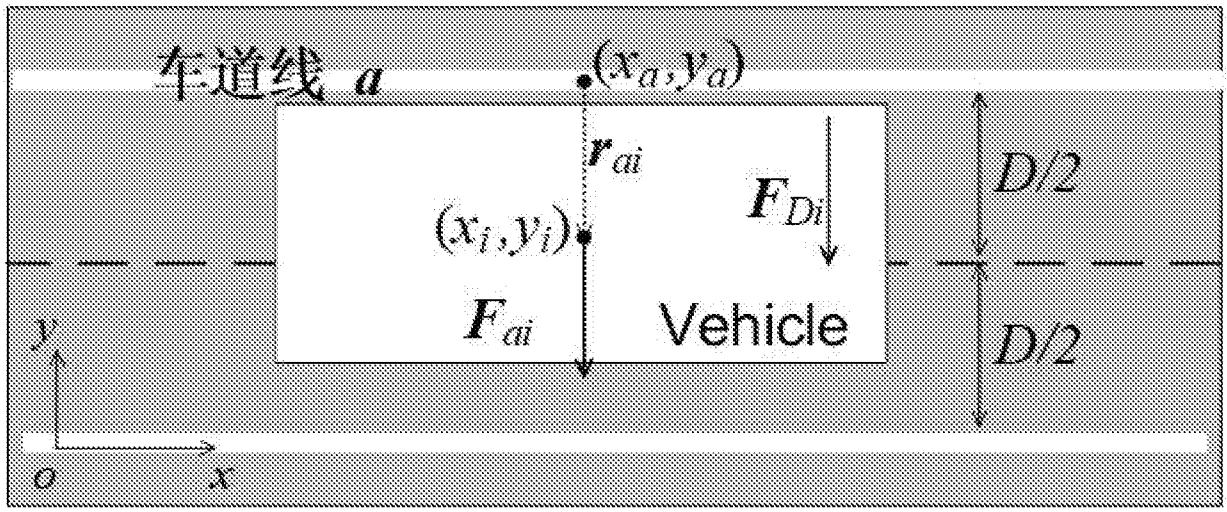


图 4

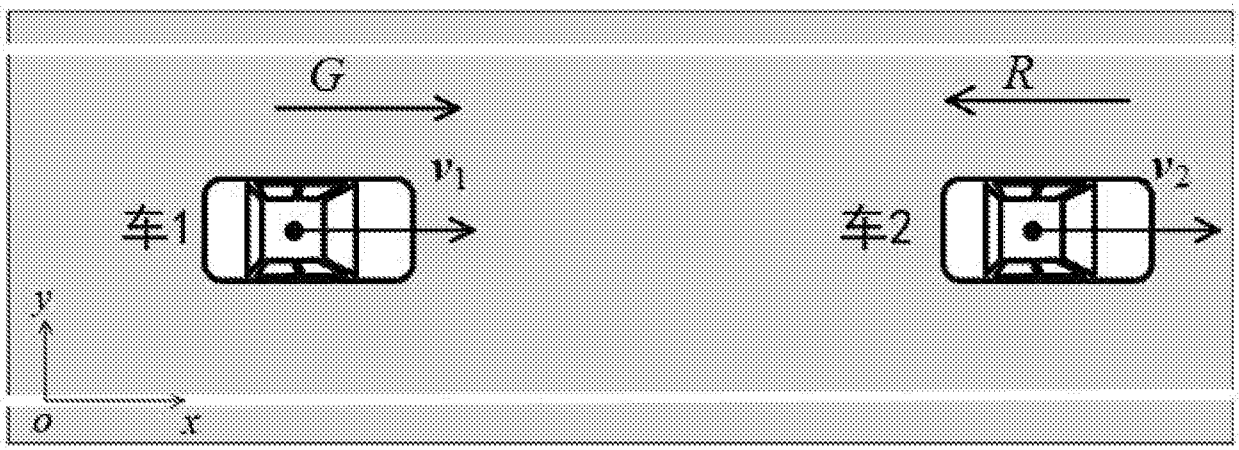


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2018/086640

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B60W 40/09(2012.01)i; B60W 50/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B60W GO8G G06Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT; CNABS; PATENTICS; CNKI: 驾驶, 量化, 评价, 评分, 考评, 考量, 拉格朗日, 势能, 动能, 力场, 最小作用量原理, 风险, 效率, 驾驶, 量化, 车流, 交通流, 阻力; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT: drive, quantiz+, quantif+, scrambl+, lagrange, risk, efficiency, kinetic, energy, potential, vehicle, parameter, velocity, speed, acceleration, position, gps, circumstance, entironment, environment, surrounding+, least, minimum, optimal, optimum

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105939917 A (VOLVO TRUCK CORPORATION) 14 September 2016 (2016-09-14) description, paragraphs [0044]-[0071], and figures 3-5	1-7
A	CN 106462027 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 22 February 2017 (2017-02-22) description, paragraphs [0205]-[0439], and figures 1-19	1-7
A	WO 2011057217 A2 (UNIVERSITY OF UTAH RESEARCH FOUNDATION ET AL.) 12 May 2011 (2011-05-12) entire document	1-7
A	US 2006100958 A1 (CHENG, FENG ET AL.) 11 May 2006 (2006-05-11) entire document	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 November 2018	**05 December 2018**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
State Intellectual Property Office of the P. R. China (ISA/CN) **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088** **China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2018/086640

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	105939917	A	14 September 2016	WO	2015113573	A1	06 August 2015
				JP	2017506782	A	09 March 2017
				EP	3099552	A1	07 December 2016
				US	2017110021	A1	20 April 2017
				EP	3099552	B1	26 September 2018
				IN	201647023105	A	31 August 2016
CN	106462027	A	22 February 2017	WO	2015200224	A3	17 March 2016
				WO	2015200224	A2	30 December 2015
				EP	3158392	A2	26 April 2017
				US	9475389	B1	25 October 2016
				US	9475521	B1	25 October 2016
WO	2011057217	A2	12 May 2011	US	2013046562	A1	21 February 2013
				WO	2011057217	A3	27 October 2011
US	2006100958	A1	11 May 2006	US	2008215401	A1	04 September 2008
				US	7979298	B2	12 July 2011

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2018/086640

A. 主题的分类

B60W 40/09(2012.01)i; B60W 50/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

B60W G08G G06Q

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用）)

CNTXT;CNABS;PATENTICS;CNKI:驾驶,量化,评价,评分,考评,考量,拉格朗日,势能,动能,力场,最小作用量原理,风险,效率,驾驶,量化,车流,交通流,阻力; VEN;USTXT;EPTXT;WOTXT:drive,quantiz+,quantif+,scrambl+,lagrange,risk,efficiency,kinetic,energy,potential,vehicle,parameter,velocity,speed,acceleration,position,gps,circumstance,entironment,environment,surrounding+,least,minimum,optimal,optimum.

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 105939917 A (沃尔沃卡车集团) 2016年 9月 14日 (2016-09-14) 说明书第44-71段，图3-5	1-7
A	CN 106462027 A (本田技研工业株式会社) 2017年 2月 22日 (2017-02-22) 说明书第205-439段，图1-19	1-7
A	WO 2011057217 A2 (UNIV UTAH RES FOUND 等) 2011年 5月 12日 (2011-05-12) 全文	1-7
A	US 2006100958 A1 (CHENG FENG 等) 2006年 5月 11日 (2006-05-11) 全文	1-7

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2018年 11月 7日	2018年 12月 5日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	熊健
传真号 (86-10)62019451	电话号码 86-(20)-28950795

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2018/086640

检索报告引用的专利文件			公布日（年/月/日）	同族专利			公布日（年/月/日）
CN	105939917	A	2016年 9月 14日	WO	2015113573	A1	2015年 8月 6日
				JP	2017506782	A	2017年 3月 9日
				EP	3099552	A1	2016年 12月 7日
				US	2017110021	A1	2017年 4月 20日
				EP	3099552	B1	2018年 9月 26日
				IN	201647023105	A	2016年 8月 31日
CN	106462027	A	2017年 2月 22日	WO	2015200224	A3	2016年 3月 17日
				WO	2015200224	A2	2015年 12月 30日
				EP	3158392	A2	2017年 4月 26日
				US	9475389	B1	2016年 10月 25日
				US	9475521	B1	2016年 10月 25日
WO	2011057217	A2	2011年 5月 12日	US	2013046562	A1	2013年 2月 21日
				WO	2011057217	A3	2011年 10月 27日
US	2006100958	A1	2006年 5月 11日	US	2008215401	A1	2008年 9月 4日
				US	7979298	B2	2011年 7月 12日